

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005 年 1 月 20 日 (20.01.2005)

PCT

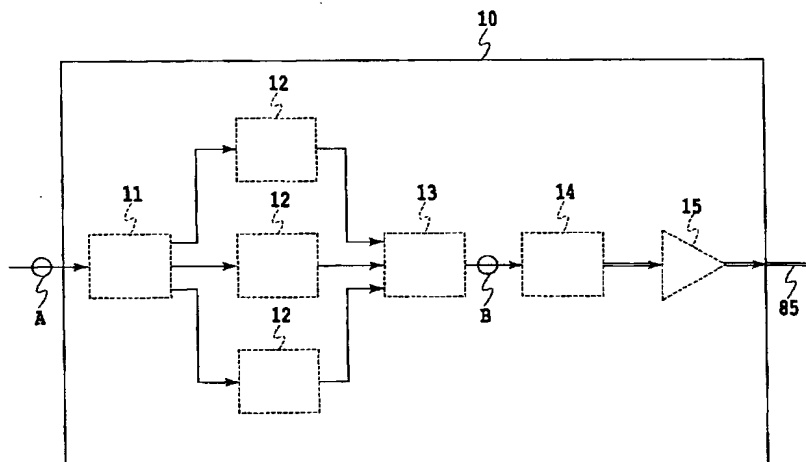
(10) 国際公開番号  
WO 2005/006600 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H04B 10/04
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/009837
- (22) 国際出願日: 2004 年 7 月 9 日 (09.07.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2003-273173 2003 年 7 月 11 日 (11.07.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町 2 丁目 3-1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 菊島 浩二 (KIKUSHIMA, Koji) [JP/JP]; 〒1808585 東京都武蔵野市緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 谷 義一 (TANI, Yoshikazu); 〒1070052 東京都港区赤坂 2 丁目 6-2 0 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL SIGNAL TRANSMITTER AND OPTICAL SIGNAL TRANSMISSION SYSTEM

(54) 発明の名称: 光信号送信機及び光信号伝送システム



(57) Abstract: It is possible to realize a low-noise low-distortion optical signal transmitter and an optical signal transmission system using the optical signal transmitter. The optical signal transmitter includes: a plurality of frequency modulation means for dividing an electric signal into a plurality of electric signals and frequency-modulating each of the divided electric signals for output; and multiplexing means for multiplexing the signals outputted from the plurality of frequency modulation means and outputting the multiplexed signal. The plurality of frequency modulation means have a frequency deviation amount set to be substantially identical to the intermediate frequency and the phases of the respective outputs are set to be substantially identical.

(57) 要約: 本発明は、低雑音で、低ひずみな光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムを実現することを目的とする。本発明に係る光信号送信機は、電気信号を複数個に分配して、分配された電気信号のそれぞれを周波数変調して出力する複数の周波数変調手段と、複数の周波数変調手段から出力された複数の信号を合波して出力する合

[続葉有]



SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,  
UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,  
TD, TG).

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

### 光信号送信機及び光信号伝送システム

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、広帯域信号の光信号伝送に使用する光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムに関する。より詳細には、周波数多重分割されている振幅変調(AM: Amplitude Modulation)、又は直交振幅変調(QAM: Quadrature Amplitude Modulation)された多チャンネル映像信号の光信号伝送に使用する光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムに関する。

#### 背景技術

- [0002] 従来、周波数分割多重されている振幅変調、若しくは直交振幅変調された多チャンネル映像信号を光伝送する光信号送信機及び光信号伝送システムとして、周波数分割多重された映像信号を一括して周波数変調するFM一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムが知られている。
- [0003] このFM一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムは、非特許文献1に採用されている。
- [0004] 図1に、FM一括変換方式を用いた従来の光信号送信機及び光信号伝送システムの構成を示す。図2A、2B、2Cに、図1のA、B、Cの箇所における信号形式をそれぞれ示す。図1に示す光信号伝送システムは、FM一括変換回路81、光源82および光増幅回路83を備えた光信号送信機80と、光伝送路85と、光電変換回路91およびFM復調回路92を備えた光信号受信機90と、セットトップボックス93と、およびテレビ受像機94とを備えている。図2A、2Bおよび2Cに、それぞれ図1におけるA、BおよびCにおける信号スペクトルが示されている。以後の各図におけるA、B、C、についても同様である。
- [0005] 図1に示された光信号送信機80内では、図2Aに示すような周波数多重された映像信号がFM一括変換回路81により、図2Bに示すような1つの広帯域な周波数変調信号に変換される。周波数変調信号は、光源82で強度変調され、さらに、光増幅

回路83で光増幅されて光伝送路85に送信される。光信号受信機90内において、強度変調された周波数変調信号は、光電変換回路91で光電変換され、電気信号に戻される。この電気信号は広帯域な周波数変調信号であり、FM復調回路92で周波数復調されて、図2Cに示すような、周波数多重された映像信号が復調される。復調された映像信号は、セットトップボックス93を介して、受像機94により、適当な映像チャンネルが選択される。

[0006] このFM一括変換方式に適用できるFM一括変換回路構成を図3に示す(例えば、特許文献1、非特許文献2、非特許文献3、参照)。図3に、光周波数変調部と光周波数局部発振部を用いたFM一括変換回路を示す。FM一括変換回路81は、光周波数変調部71と、光周波数局部発振部72と、光合波器73と、フォトダイオード74とを備える。

[0007] FM一括変換回路81の光周波数変調部71において、光周波数 $f_0$ のキャリア光源を用いて周波数 $f_s$ で周波数変調すると、光周波数変調部71の出力における光信号の光周波数 $F_{fml}$ は、周波数偏移を $\delta f$ とすると、

$$F_{fml} = f_0 + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (1)$$

となる。光周波数変調部71のキャリア光源としてDFB-LD(Distributed Feed-Back Laser Diode、分布帰還型半導体レーザ)が使用されている。

[0008] 光周波数局部発振部72において光周波数 $f_l$ の発振光源を用いて発振させる。光周波数局部発振部72からの光信号と光周波数変調部71からの光信号とが光合波器73で合波される。光周波数局部発振部72の発振光源としてDFB-LDが使用されている。光合波器73で合波された2つの光信号が光ヘテロダイン検波器であるフォトダイオード74で検波される。検波された電気信号の周波数 $f$ は、

$$f = f_0 - f_l + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (2)$$

となる。ここで、光周波数変調部71のキャリア光源と光周波数局部発振部72の発振光源の光周波数を近接させれば、図2Bに示すような、中間周波数 $f_i = f_0 - f_l$ が、数GHzで周波数偏移 $\delta f$ の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

[0009] 一般にDFB-LDは注入電流で変調することにより、その光周波数が注入電流に伴って数GHzの幅で変動するので、周波数偏移 $\delta f$ としては、数GHzの値を得ることが

できる。例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、図2Bに示すような中間周波数 $f_i = f_o - f_l$ を約3GHzとする、帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。

[0010] 光信号受信機90に適用できるFM復調回路の構成を図4に示す。図4に示すFM復調回路92は、遅延線検波によるFM復調回路であって、リミッター増幅器76と、遅延線77と、ANDゲート78と、ローパスフィルタ79とを備える。

[0011] FM復調回路92内では、入力された周波数変調光信号は、リミッター増幅器76で方形波に整形される。リミッター増幅器76の出力は2分岐され、一方はANDゲート78の入力端子に入力され、他方は極性が反転された後、遅延線77により時間  $\tau$  だけ遅延されてからANDゲート78の入力端子に入力される。このANDゲート78の出力がローパスフィルタ79により平滑されると周波数復調出力となる(例えば、非特許文献1参照)。

[0012] なお、FM復調回路の回路形式としては、ここで述べた遅延線検波によるFM復調回路のほかにも、共振回路を用いた2同調型周波数弁別器、フォスターシーリー型周波数弁別器、比率検波型FM復調器がある。

[0013] 特許文献1: 日本国特許第2700622号公報

非特許文献1: 国際標準ITU-T J. 185「Transmission equipment for transferring multi-channel television signals over optical access networks by FM conversion」

非特許文献2: 柴田宣他著、「FM一括変換方式を用いた光映像分配システム」、電子情報通信学会論文誌B、Vol. J83-B、No. 7、2000年7月、p. 948-959

非特許文献3: 鈴木他著、「パルス化FM一括変換変調アナログ光CATV分配方式」、電子情報通信学会秋季大会、B-603、1991年

#### 発明の開示

[0014] このような多チャンネル映像信号の伝送には低雑音と低ひずみが要求される。上記の柴田宣他による「FM一括変換方式を用いた光映像分配システム」では、FM一括変換方式を用いた光信号送信機及び光信号伝送システムにおいては、CNR(Carri

er-to-Noise Ratio)は42dB以上、CSO(Composite Second-Order Distortion)とCTB(Composite Triple Beat)は-54dB以下と設定されている。

- [0015] しかし、従来のFM一括変換方式を用いた光信号送信機ではCNR値が、43dBから47dBで飽和している。CSOとCTBについても同様に、-54dBをわずかに下回る値で飽和している。光信号送信機をより低雑音で構成することができれば、CNRを大きくすることができ、その結果、CNRが42dB以上となる光信号受信機の最小電力を小さくすることができる。光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができれば、伝送距離の長大化や光分岐比の拡大が可能になる。
- [0016] 従来のFM一括変換回路で使用している光周波数変調部のDFB-LDは構造にまで戻って、設計変更することは困難で、低雑音特性、低ひずみ特性を実現することが難しかった。そこで、本発明では、低雑音で、低ひずみな光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムを実現することを目的とする。
- [0017] このような目的を達成するために、本願発明の第1の側面は、周波数分割多重されている振幅変調された電気信号を周波数変調して光伝送する光信号送信機において、該電気信号を複数個に分配して出力する分配回路と、該分配回路の出力の各々を周波数変調して出力する複数の周波数変調手段であって、各々の周波数偏移量および中間周波数が略等しく、各々の出力の位相が略一致する複数の周波数変調手段と、該複数の周波数変調手段の出力を合波して出力する合波手段と、該合波手段の出力により強度変調した光信号を光伝送路に出力する送信回路とを備えたことを特徴とする。ここで、周波数分割多重されている振幅変調された電気信号は、周波数分割多重されている直交振幅変調された電気信号を含む。
- [0018] また、本願発明の第二の側面は、本願発明の第一の側面に係る光信号送信機と、該光信号送信機に光伝送路を介して接続される光電変換手段と、光電変換手段の出力を周波数復調する周波数復調手段を具備する光信号受信機と、を備えることを特徴とする光信号伝送システムである。
- [0019] 本発明に係る光信号送信機及び光信号伝送システムは、電気回路や光回路部品の回路設計に戻っての回路定数の変更をすることなく、従来の電気回路や光回路部品を使用しつつ、従来の光信号送信機よりも低雑音特性、低ひずみ特性を得ること

ができる。

- [0020] 光信号送信機で低雑音特性を得ることができれば、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。
- [0021] さらに、低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

#### 図面の簡単な説明

- [0022] [図1]図1は、FM一括変換方式を用いた従来の光信号送信機及び光信号伝送システムの構成を示すブロック図である。
- [図2A]図2Aは、光信号送信機及び光信号伝送システムにおける信号形式を示す図である。
- [図2B]図2Bは、光信号送信機及び光信号伝送システムにおける信号形式を示す図である。
- [図2C]図2Cは、光信号送信機及び光信号伝送システムにおける信号形式を示す図である。
- [図3]図3は、FM一括変換方式に適用できる従来のFM一括変換回路の構成を示すブロック図である。
- [図4]図4は、光信号受信機に適用できるFM復調回路の構成を示すブロック図である。
- [図5]図5は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個のFM一括変換回路を使用する場合の光信号送信機の構成を示すブロック図である。
- [図6]図6は、光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、光周波数変調部を用いたFM一括変換回路の構成を示すブロック図である。
- [図7]図7は、光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、2つの光周波数変調部をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路の構成を示すブロック図である。
- [図8]図8は、光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、電圧制御発振器を用いたFM一括変換回路の構成を示すブロック図である。

[図9]図9は、光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、2つの電圧制御発振器をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路の構成を示すブロック図である。

[図10]図10は、光信号送信機の中に、光周波数変調部と光周波数局部発振部とを2組用いた光信号送信機の構成を示すブロック図である。

[図11]図11は、光信号送信機の中に、2つの光周波数変調部をプッシュプル構成に用い、それを2組用いた光信号送信機の構成を示すブロック図である。

[図12]図12は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個の光周波数変調合波回路を使用する場合の光信号送信機の構成を示すブロック図である。

[図13]図13は、光周波数変調合波回路の構成を示すブロック図である。

[図14]図14は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個の差動光周波数変調合波回路を使用する場合の光信号送信機の構成を示すブロック図である。

[図15]図15は、差動光周波数変調合波回路の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための最良の形態

[0023] 以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

[0024] 本発明の第1の実施の形態は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個のFM一括変換回路を使用する場合の光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図5に示す。なお、図5はN=3の場合について例示した。図5において、光信号送信機10は、分配回路11、FM一括変換回路12、合波回路13、送信回路としての光源14、光増幅回路15、および光伝送路85を備える。光源14には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路15を含んでもよい。

[0025] 図5において、図2Aに示すような約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号が光信号送信機10に入力されると、分配回路11によって3分配される。分配回路11のそれぞれの出力は、変調入力としてFM一括変換回路12に入力され、FM一括変換回路12で周波数



変調される。3個のFM一括変換回路12の出力は、合波回路13で合波される。この合波回路13の出力は図2Bに示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は、光源14で強度変調された光信号に変換されて、さらに、光信号は光増幅回路15で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路85に送信される。

[0026] ここで、3個のFM一括変換回路12の周波数偏移量及び中間周波数を等しく設定し、かつFM一括変換回路12のそれぞれの出力の位相が一致するように設定すると、合波回路13により合波された電気信号は、3個のFM一括変換回路12のそれぞれの雑音量の電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。3個のFM一括変換回路12のそれぞれの出力の位相が一致するように設定するために、例えば、光ファイバなどの伝送路長を調整したりあるいは位相調整器を用いたりすることができる。

[0027] 3個のFM一括変換回路12からの出力の信号成分の電圧をそれぞれ、 $V_{s1}$ 、 $V_{s2}$ 、 $V_{s3}$ とし、これらが $V_{s1}=V_{s2}=V_{s3}=V_s$ とすると、合波回路13の出力の信号成分の電圧の総和 $V_{st}$ は、

$$V_{st}=V_{s1}+V_{s2}+V_{s3}=3V_s \quad (3)$$

となる。

[0028] 光源14の入力インピーダンスを $R$ とすれば、合波回路13に3個のFM一括変換回路12のうち1個だけから入力すると、合波回路13の出力の信号電力 $P_{s1}$ は、

$$P_{s1}=V_s^2/R \quad (4)$$

となる。合波回路13に3個のFM一括変換回路12から入力すると、合波回路13の出力の信号電力 $P_{st}$ は、

$$P_{st}=(V_{st})^2/R=9V_s^2/R \quad (5)$$

となる。従って、信号電力 $P_{s1}$ と信号電力 $P_{st}$ の電力比は、

$$10\log(P_{st}/P_{s1})=20\log(3) \text{ [dB]} \quad (6)$$

となる。

[0029] 一方、3個のFM一括変換回路12からの出力の雑音成分の電力をそれぞれ、 $P_{n1}$ 、 $P_{n2}$ 、 $P_{n3}$ とし、これらが $P_{n1}=P_{n2}=P_{n3}=P_n$ とすると、雑音成分に対しては電

力加算されるので、合波回路13の出力の雑音成分の電力の総和 $P_{nt}$ は、

$$P_{nt} = P_{n1} + P_{n2} + P_{n3} = 3P_n \quad (7)$$

となる。合波回路13に3個のFM一括変換回路12のうち1個だけから入力すると、合波回路13の出力の雑音電力 $P_{n1}$ は、

$$P_{n1} = P_n \quad (8)$$

となる。従って、雑音電力 $P_{n1}$ と雑音電力 $P_{nt}$ の電力比は、

$$10\log(P_{nt}/P_{n1}) = 10\log(3) \text{ [dB]} \quad (9)$$

となる。

[0030] このことから、3個のFM一括変換回路を使用すると、1個のFM一括変換回路を使用するときに比べて信号電力比は、 $20\log(3)$  [dB]になるが、雑音電力比は $10\log(3)$  [dB]となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10\log(3)$  [dB]だけ改善されることが分かる。図5に示す実施の形態では、FM一括変換回路を3個使用する場合についてその構成を示したが、FM一括変換回路は2個以上使用すれば、信号対雑音電力は改善される。N個(Nは2以上の整数)のFM一括変換回路を使用する場合は、FM一括変換回路を単体で使用する場合に比べて信号対雑音電力比を $10\log(N)$  [dB]だけ改善できる。

[0031] ひずみについては、3個のFM一括変換回路のひずみ特性が異なっており、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

[0032] 図1において、光送信機80に替えて、図5に示す光信号送信機10を光信号伝送システムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

[0033] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。

[0034] 次に、本発明の第2の実施の形態は、第1の実施の形態で説明した光信号送信機

に適用するFM一括変換回路であって、光周波数変調部を用いたFM一括変換回路の構成である。本発明を実施する形態を図6に示す。図6において、FM一括変換回路12は、光周波数変調部22、光周波数局部発振部32、光合波器23、および光検波器24を備える。

- [0035] FM一括変換回路12では、図2Aに示すような周波数多重された映像信号を光周波数変調部22において光周波数 $f_o$ のキャリア光源を用いて周波数変調すると、周波数偏移が $\delta f$ のとき、光周波数変調部22の出力における光信号の光周波数 $F_{fml}$ は、前述した(1)式より算出される。但し、(1)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。光周波数変調部22のキャリア光源としてはDFB-LD(Distributed Feed-Back Laser Diode、分布帰還型半導体レーザ)を使用することができる。
- [0036] 光周波数局部発振部32において、光周波数 $f_l$ の発振光源を用いて発振させ、光周波数変調部22からの光信号と光合波器23で合波させる。光周波数局部発振部32の発振光源としてはDFB-LDを使用することができる。光合波器23で合波された2つの光信号が光検波器23でヘテロダイン検波される。光検波器としては、ヘテロダイン検波器として機能するフォトダイオードを使用することができる。光検波器24でヘテロダイン検波された電気信号の周波数 $f$ は、前述した(2)式より算出される。但し、(2)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。ここで、光周波数変調部22のキャリア光源の光周波数と光周波数局部発振部32の発振光源の光周波数とを近接させれば、図2Bに示すような、中間周波数 $f_i = f_o - f_l$ が数GHzで、周波数偏移 $\delta f$ の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。
- [0037] 一般にDFB-LDは注入電流で変調することにより、その光周波数が注入電流に伴って数GHzの幅で変動するので、周波数偏移 $\delta f$ としては、数GHzの値を得ることができる。例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_o - f_l$ を約3GHzとする図2Bに示すような、帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。
- [0038] さらに、N個のFM一括変換回路で用いる光周波数変調部22のキャリア光源の光周波数と光周波数局部発振部32の発振光源の光周波数との差の周波数である中

間周波数 $f_i$ を略等しく設定して、この中間周波数を中心として略等しい周波数偏移量で周波数変調する。さらに、N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定すると、図5の合波回路13の出力は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。それぞれの出力の位相が一致するように設定するために、例えば、光ファイバなどの伝送路長を調整したり、あるいは位相調整器を用いたりすることができる。

[0039] このことから、N組の光周波数変調部と光周波数局部発振部とを用いた光信号送信機を使用すると、1組の場合に比べて、信号電力比は、 $20\log(N)$  [dB]になるが、雑音電力比は $10\log(N)$  [dB]となるため、図5の合波回路13の出力における信号対雑音電力は $10\log(N)$  [dB]だけ改善されることが分かる。

[0040] ひずみについては、N組の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

[0041] このようなN個のFM一括変換回路を光信号送信機に適用すると、光信号伝送システムにおける光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

[0042] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。

[0043] 次に、本発明の第3の実施の形態は、実施の形態1で説明した光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、2つの光周波数変調部をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路の構成である。本発明を実施する形態を図7に示す。図7において、FM一括変換回路12は、差動分配器21、光周波数変調部22-1、光周波数変調部22-2、光合波器23、および光検波器24を備える。

[0044] FM一括変換回路12では、図2Aに示すような周波数多重された映像信号が差動分配器21で、位相が反転した2つの電気信号として分配される。差動分配器21から

の2つの電気信号のうちの一方の電気信号を変調入力とし、光周波数変調部22-1において光周波数 $f_{o1}$ のキャリア光源を用いて周波数変調すると、周波数偏移を $\delta f/2$ のとき、光周波数変調部22-1の出力における光信号の光周波数 $F_{fmld1}$ は、

$$F_{fmld1} = f_{o1} + (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (10)$$

として得られる。但し、(10)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。差動分配器からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし、光周波数変調部22-2において周波数 $f_{o2}$ のキャリア光源を用いて周波数変調すると、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、光周波数変調部22-2の出力における光信号の光周波数 $F_{fmld2}$ は、

$$F_{fmld2} = f_{o2} - (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (11)$$

として得られる。但し、(11)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。光周波数変調部22-1、22-2のキャリア光源としてはDFB-LD(Distributed Feed-Back Laser Diode、分布帰還型半導体レーザ)を使用することができる。

- [0045] 光周波数変調部22-1、22-2からの出力は光合波器23で合波され、光合波器23で合波された2つの光信号が光検波器23でヘテロダイン検波される。光検波器としては、ヘテロダイン検波器として機能するフォトダイオードを使用することができる。光検波器24でヘテロダイン検波された電気信号の周波数 $f$ は、前記(10)式と前記(11)式で表される値の差の周波数の電気信号が得られる。即ち、

$$f = f_{o1} - f_{o2} + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (12)$$

となる。但し、(12)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。ここで、光周波数変調部22-1のキャリア光源の光周波数と光周波数変調部22-2のキャリア光源の光周波数とを近接させれば、図2Bに示すような、中間周波数 $f_i = f_{o1} - f_{o2}$ が数GHzで、周波数偏移 $\delta f$ の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

- [0046] 一般にDFB-LDは注入電流で変調することにより、その光周波数が注入電流に伴って数GHzの幅で変動するので、周波数偏移 $\delta f$ としては、数GHzの値を得ることができる。例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_{o1} - f_{o2}$ を約3GHzとする図2Bに示すような、帯域約6GHzの周波数変調信号に

変換できる。

- [0047] さらに、N個のFM一括変換回路で用いる光周波数変調部22-1のキャリア光源の光周波数と光周波数変調部22-2の発振光源の中心光周波数の差の周波数である中間周波数 $f_i$ を略等しく設定して、この中間周波数を中心として略等しい周波数偏移量で周波数変調する。さらに、N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定すると、図5の合波回路13の出力では、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。それぞれの出力の位相が一致するように設定するために、例えば、光ファイバなどの伝送路長を調整したり、あるいは位相調整器を用いたりすることができる。
- [0048] このことから、N組の光周波数変調部を用いた光信号送信機を使用すると、1組の場合に比べて信号電力比は、 $20\log(N)$  [dB]になるが、雑音電力比は $10\log(N)$  [dB]となるため、図5の合波回路13の出力における信号対雑音電力は $10\log(N)$  [dB]だけ改善されることが分かる。
- [0049] ひずみについては、N組の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。
- [0050] このようなN個のFM一括変換回路を光信号送信機に適用すると、光信号伝送システムにおける光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。
- [0051] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。
- [0052] 次に、本発明の第4の実施の形態は、実施の形態1で説明した光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、電圧制御発振器を用いたFM一括変換回路である。本発明を実施する形態を図8に示す。図8において、FM一括変換回路12は、電圧制御発振器26を備える。

[0053] FM一括変換回路12では、図2Aに示すような周波数多重された映像信号を電圧制御発振器26において周波数 $f_o$ を中心周波数として周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 $f_v$ は、周波数偏移が $\delta f$ のとき、

$$f_v = f_o + \delta f \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (13)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_o$ 、周波数偏移 $\delta f$ の周波数変調信号が得られる。但し、(13)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。

[0054] 例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、中間周波数 $f_i = f_o$ を約3GHzとする、図2Bに示すような帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。

[0055] さらに、N個のFM一括変換回路で用いる電圧制御発振器26の中間周波数 $f_i$ を略等しく設定して、この中間周波数を中心として略等しい周波数偏移量で周波数変調する。さらに、N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定すると、図5の合波回路13の出力では、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。それぞれの出力の位相が一致するように設定するために、例えば、光ファイバなどの伝送路長を調整したり、あるいは位相調整器を用いたりすることができる。

[0056] このことから、N個の電圧制御発振器を用いた光信号送信機を使用すると、1個の場合に比べて信号電力比は、 $20\log(N)$  [dB]になるが、雑音電力比は $10\log(N)$  [dB]となるため、図5の合波回路13の出力における信号対雑音電力は $10\log(N)$  [dB]だけ改善されることが分かる。

[0057] ひずみについては、N個の電圧制御発振器のひずみ特性が異なっており、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

[0058] このようなN個のFM一括変換回路を光信号送信機に適用すると、光信号伝送システムにおける光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能に

なる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

[0059] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。

[0060] 次に、本発明の第5の実施の形態は、実施の形態1で説明した光信号送信機に適用するFM一括変換回路であって、2つの電圧制御発振器をプッシュプル構成に用いたFM一括変換回路の構成である。本発明を実施する形態を図9に示す。図9において、FM一括変換回路12は、差動分配器21、電圧制御発振器28-1、電圧制御発振器28-2、ミキサー29、およびローパスフィルタ30を備える。

[0061] FM一括変換回路12では、図2Aに示すような周波数多重された映像信号が差動分配器21で、位相が反転した2つの電気信号に分配される。差動分配器21からの2つの電気信号のうち的一方の電気信号を、電圧制御発振器28-1において周波数 $f_o$ を中心周波数とする周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 $f_{v1}$ は、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、

$$f_{v1} = f_{o1} + (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (14)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_{o1}$ 、周波数偏移 $\delta f/2$ の周波数変調信号が得られる。但し、(14)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。差動分配器21からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号を変調入力とし、電圧制御発振器28-2において周波数 $f_{o1}$ を中心周波数として周波数変調すると、出力の電気信号の周波数 $f_{v2}$ は、周波数偏移が $\delta f/2$ のとき、

$$f_{v2} = f_{o2} - (\delta f/2) \cdot \sin(2\pi \cdot f_s \cdot t) \quad (15)$$

となり、中間周波数 $f_i = f_{o2}$ 、周波数偏移 $\delta f/2$ の周波数変調信号が得られる。但し、(15)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。

[0062] 電圧制御発振器28-1、28-2からの出力はミキサー29でミキシングされる。次いで、ミキサー29でミキシングされた2つの電気信号はローパスフィルタ30で平滑化される。中間周波数 $f_{o1}$ と中間周波数 $f_{o2}$ との差に等しい周波数の電気信号を通過させるローパスフィルタ30で平滑化された電気信号の周波数 $f$ は、前記(14)式と前記(15)式で表される値の差の周波数の電気信号が得られる。即ち、



$$f=f_{o1}-f_{o2}+\delta f\cdot\sin(2\pi\cdot f_s\cdot t) \quad (16)$$

となる。但し、(16)式では、変調信号を周波数 $f_s$ の信号としている。ここで、図2Bに示すような、中間周波数 $f_i=f_{o1}-f_{o2}$ が数GHzで、周波数偏移 $\delta f$ の周波数変調された電気信号を得ることが出来る。

[0063] 例えば、約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号をFM一括変換回路により、中間周波数 $f_i=f_{o1}-f_{o2}$ を約3GHzとする図2Bに示すような、帯域約6GHzの周波数変調信号に変換できる。

[0064] さらに、N個のFM一括変換回路で用いる電圧制御発振器28-1と電圧制御発振器28-2との差の周波数である中間周波数 $f_i$ を略等しく設定して、この中間周波数を中心として略等しい周波数偏移量で周波数変調する。さらに、N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定すると、図5の合波回路13の出力は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。それぞれの出力の位相が一致するように設定するために、例えば、光ファイバなどの伝送路長を調整したり、あるいは位相調整器を用いたりすることができる。

[0065] このことから、N組の電圧制御発振器を用いた光信号送信機を使用すると、1個の場合に比べて信号電力比は、 $20\log(N)$  [dB]になるが、雑音電力比は $10\log(N)$  [dB]となるため、図5の合波回路13の出力における信号対雑音電力は $10\log(N)$  [dB]だけ改善されることが分かる。

[0066] ひずみについては、N組の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

[0067] このようなN個のFM一括変換回路を光信号送信機に適用すると、光信号伝送システムにおける光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信

品質を向上させることが可能になる。

[0068] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。

[0069] 次に、本発明の第6の実施の形態は、光信号送信機の中に、光周波数変調部と光周波数局部発振部とを2組用いた光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図10に示す。図10において、光信号送信機10は、分配回路11、光周波数変調部22-1、光周波数変調部22-2、光周波数局部発振部32-1、光周波数局部発振部32-2、光合波器25-1、光合波器25-2、光合波器27、光検波器24、送信回路としての光源14、光増幅回路15、および光伝送路85を備える。光源14には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路15を含んでもよい。

[0070] 図10において、図2Aに示すような約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号が光信号送信機10に入力されると、分配回路11によって2分配される。分配回路11の一方の出力は、変調入力として光周波数変調部22-1に入力され、周波数変調される。分配回路11の他方の出力は変調入力として光周波数変調部22-2に入力され、周波数変調される。

[0071] 光周波数変調部22-1で周波数変調された光信号は、光周波数局部発振部32-1からの局部発振光と偏波方向を同一にして光合波器25-1で合波される。ここで、光周波数局部発振部32-1の光周波数は、光周波数変調部22-1から出力される周波数変調された光信号の中心光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れている。

[0072] 光周波数変調部22-2で周波数変調された光信号は、光周波数局部発振部32-2からの局部発振光と偏波方向を同一にして光合波器25-2で合波される。ここで、光周波数局部発振部32-2の光周波数は、光周波数変調部22-2から出力される周波数変調された光信号の中心光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れている。

- [0073] これら光合波器25-1、25-2から出力された光信号は、光合波器27で光合波器25-1から出力される光信号と光合波器25-2から出力される第二の光信号とをそれぞれの偏波方向を直交させて合波され、出力される。光検波器24では、光合波器27から出力される光信号をヘテロダイン検波して、光周波数変調部からの光信号の光周波数と光周波数局部発振部からの局部発振光の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する。検波器24にはヘテロダイン検波するフォトダイオードが適用できる。この検波器24の出力は図2Bに示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は、光源14で強度変調された光信号に変換されて、さらに、光信号は光増幅回路15で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路85に送信される。光源にはDFB-LD等の半導体レーザが適用できる。
- [0074] ここで、2個の光周波数変調部22-1と22-2の周波数偏移量を略等しくなるように設定する。また、光周波数変調部22-1の光信号の光周波数と光周波数局部発振部32-1の局部発振光の光周波数との差を、光周波数変調部22-2の光信号の光周波数と光周波数局部発振部32-2の局部発振光の光周波数との差に略等しく設定する。さらに、光合波器25-1からの合波光信号を光検波器24でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と、光合波器25-2からの合波光信号を光検波器24でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とを略等しくなるように設定すると、光検波器24により検波された電気信号は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。それぞれの出力の位相が一致するように設定するために、例えば、光ファイバなどの伝送路長を調整したり、あるいは位相調整器を用いたりすることができる。
- [0075] このことから、2組の光周波数変調部と光周波数局部発振部とを用いた光信号送信機を使用すると、1組の場合に比べて信号電力比は、 $20\log(2)$  [dB]になるが、雑音電力比は $10\log(2)$  [dB]となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10\log(2)$  [dB]だけ改善されることが分かる。
- [0076] ひずみについては、2組の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺さ

れるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

[0077] 図1において、光送信機80に替えて、図10に示す光信号送信機10を光信号伝送システムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。

[0078] さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

[0079] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。

[0080] 次に、本発明の第7の実施の形態は、光信号送信機の中に、プッシュプル型の2個の光周波数変調部を2組用いた光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図11に示す。図11において、光信号送信機10は、分配回路11、差動分配器21-1、差動分配器21-2、光周波数変調部22-1、光周波数変調部22-2、光周波数変調部22-3、光周波数変調部22-4、光合波器25-1、光合波器25-2、光合波器27、光検波器24、送信回路としての光源14、光増幅回路15、および光伝送路85を備える。光源14には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路15を含んでもよい。

[0081] 図11において、図2Aに示すような約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号が光信号送信機10に入力されると、分配回路11によって2分配される。分配回路11の一方の出力は、差動分配器21-1で、位相が反転した2つの電気信号に分配される。差動分配器21-1からの2つの電気信号のうちの一方の電気信号により、光周波数変調部22-1からの出力光の光周波数 $F_{fml1}$ は周波数変調され、周波数変調光信号が出力される。差動分配器21-1からの2つの電気信号のうちの他方の電気信号により、光周波数変調部22-2からの出力光の光周波数 $F_{fml2}$ は周波数変調され、周波数変調光信号が出力される。光周波数変調部22-1からの周波数変調光信号と、光周波数変調

部22-2からの周波数変調光信号は、その中心光周波数の差を中間周波数に略等しく設定され、また偏波方向を一致させて光合波器25-1で合波され、第一の光信号となる。

[0082] 分配回路11の他方の出力は、差動分配器21-2で、位相が反転した2つの電気信号に分配される。差動分配器21-2からの2つの電気信号のうちの一方向の電気信号により、光周波数変調部22-3からの出力光の光周波数 $F_{fml d3}$ は周波数変調され、周波数変調光信号が出力される。差動分配器21-4からの2つの電気信号のうち他方の電気信号により、光周波数変調部22-2からの出力光の光周波数 $F_{fml d4}$ は周波数変調され、周波数変調光信号となる。光周波数変調部22-3からの周波数変調光信号と、光周波数変調部22-4からの周波数変調光信号は、その中心光周波数の差を中間周波数に略等しく設定され、また偏波方向を一致させて光合波器25-2で合波され、第二の光信号となる。

[0083] 光合波器27で光合波器25-1から出力される第一の光信号と光合波器25-2から出力される第二の光信号とがそれぞれの偏波方向を直交させて合波され、出力される。光検波器24では、光合波器27から出力される光信号をヘテロダイン検波して、光周波数変調部22-1からの周波数変調光信号の光周波数と光周波数変調部22-2からの周波数変調光信号の光周波数との差、及び光周波数変調部22-3からの周波数変調光信号の光周波数と光周波数変調部22-4からの周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する。検波器24にはヘテロダイン検波するフォトダイオードが適用できる。この検波器24の出力は図2Bに示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は光源14で強度変調された光信号に変換されて、さらに、光信号は光増幅回路15で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路85に送信される。光源にはDFB-LD等の半導体レーザが適用できる。

[0084] ここで、光周波数変調部22-1と光周波数変調部22-2と光周波数変調部22-3と光周波数変調部22-4とにおける周波数偏移量が略等しくなるように設定する。また、光合波器25-1からの合波光信号を光検波器24でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と、光合波器25-2からの合波光信号を光検波器24でヘ

テロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とを略等しくなるように設定すると、光検波器24により検波された電気信号は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。それぞれの出力の位相が一致するように設定するために、例えば、光ファイバなどの伝送路長を調整したり、あるいは位相調整器を用いたりすることができる。

[0085] このことから、プッシュプル型の2個の光周波数変調部を2組用いた光信号送信機を使用すると、1組の場合に比べて信号電力比は、 $20\log(2)$  [dB]になるが、雑音電力比は $10\log(2)$  [dB]となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10\log(2)$  [dB]だけ改善されることが分かる。

[0086] ひずみについては、プッシュプル型の2個の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺されるので、FM一括変換回路を単体で用いる場合に比べて、低ひずみ化を可能とする。

[0087] 図1において、光送信機80に替えて、図11に示す光信号送信機10を光信号伝送システムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。

[0088] さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。

[0089] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。

[0090] 次に、本発明の第8の実施の形態は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個の光周波数変調合波回路を使用する場合の光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図12に示す。図12において、光信号送信機10は、分配回路11、光周波数変調合波回路33、光合波回路34、光検波回路35、送信回路としての光源14、光増幅回路15、および光伝送路85を備える。光源14には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路

15を含んでもよい。光周波数変調合波回路33の構成を図13に示す。図13において、光周波数変調合波回路33は、光周波数変調部22、光周波数局部発振部32、および光合波器23を備える。

[0091] 図12において、図2Aに示すような約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号が光信号送信機10に入力されると、分配回路11によってN個に分配される。なお、図12ではN=3の場合について例示した。分配回路11の出力は、変調入力としてそれぞれN個の光周波数変調合波回路33に入力され、図13に示す光周波数変調部22で周波数変調される。

[0092] 図13に示す光周波数変調合波回路33において、光周波数変調部22は周波数変調された周波数変調光信号を出力し、光周波数局部発振部32は光周波数変調部22から出力される光信号の光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の局部発振光信号を出力する。周波数変調された光信号と光周波数局部発振部32からの出力とは光合波器23で合波される。

[0093] 3個の光周波数変調合波回路33から合波された光信号は、光合波回路34で合波され、光検波回路35でヘテロダイン検波されて、光周波数変調部からの周波数変調光信号の光周波数と光周波数局部発振部からの局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号となる。光検波回路35にはフォトダイオードが適用できる。この光検波回路35の出力は図2Bに示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は光源14で強度変調された光信号に変換されて、さらに、光信号は光増幅回路15で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路85に送信される。光源にはDFB-LD等の半導体レーザが適用できる。

[0094] ここで、N個の光周波数変調合波回路の周波数偏移量を略等しくするように設定する。さらに、N個の光周波数変調合波回路33からの光信号を光検波回路35でヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相がそれぞれ略等しくするように設定すると、光検波回路35により検波された電気信号は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。尚、それぞれの出力の位相が一致するように設定するためには、例えば、光ファイバなどの伝送路

長を調整したり、あるいは位相調整器を用いたりすることができる。

- [0095] このことから、N個の光周波数変調合波回路を用いた光信号送信機を使用すると、信号電力は、 $20\log(N)$ になるが、雑音電力は $10\log(N)$ となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10\log(N)$  [dB]だけ改善されることが分かる。
- [0096] ひずみについては、N個の光周波数変調部のひずみ特性が異なっており、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺されるので、低ひずみ化を可能とする。
- [0097] 図1において、光送信機80に替えて、図12に示す光信号送信機10を光信号伝送システムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。
- [0098] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。
- [0099] 次に、本発明の第9の実施の形態は、分配回路により分配された電気信号を変調入力とするN個の差動光周波数変調合波回路を使用する場合の光信号送信機及び当該光信号送信機を利用した光信号伝送システムである。本発明を実施する形態を図14に示す。なお、図14には $N=3$ の場合について例示した。図14において、光信号送信機10は、分配回路11、差動光周波数変調合波回路36、光合波回路34、光検波回路35、送信回路としての光源14、光増幅回路15、および光伝送路85を備える。光源14には半導体レーザ及びこの半導体レーザを駆動する駆動回路が送信回路として含まれてもよく、さらに、送信回路には光増幅回路15を含んでもよい。差動光周波数変調合波回路36の構成を図15に示す。図15において、差動光周波数変調合波回路36は、差動分配器21、光周波数変調部22-1、光周波数変調部22-2、および光合波器23を備える。
- [0100] 図14において、図2Aに示すような約90MHzから約750MHzの周波数幅に周波数多重された多チャンネルのAM映像信号又はQAM映像信号が光信号送信機10に入力されると、分配回路11によってN個に分配される。分配回路11の出力は、変



調入力としてそれぞれN個の差動光周波数変調合波回路36に入力される。

[0101] 図15に示す差動光周波数変調合波回路36において、分配回路11からの出力は差動分配器21によって位相が反転した2つの電気信号に分配され、光周波数変調部22-1と光周波数変調部22-2でそれぞれ周波数変調された周波数変調光信号となる。光周波数変調部22-1の出力する光信号の光周波数と光周波数変調部22-2の出力する光信号の中心光周波数は中間周波数だけ離れている。光周波数変調部22-1と光周波数変調部22-2とからの周波数変調光信号が光合波器23で合波されて、図14に示す光合波回路34に出力される。ここで、N個の差動光周波数変調合波回路36における中間周波数は略等しく設定されている。

[0102] N個の差動光周波数変調合波回路36からの光信号は、光合波回路34により合波され、光検波回路35でヘテロダイン検波されて、光周波数変調部22-1からの周波数変調光信号の光周波数と光周波数変調部22-2からの周波数変調光信号の光周波数の差に等しい周波数の電気信号となる。光検波回路35にはフォトダイオードが適用できる。この光検波回路35の出力は図2Bに示すように、広帯域な周波数変調された電気信号である。この周波数変調された電気信号は光源14で強度変調された光信号に変換されて、さらに、光信号は光増幅回路15で所定の光レベルにまで増強されて、光伝送路85に送信される。光源にはDFB-LD等の半導体レーザが適用できる。

[0103] ここで、N個の差動光周波数変調合波回路の周波数偏移量を略等しくなるように設定する。さらに、N個の差動光周波数変調合波回路36からの周波数変調光信号を光検波回路35でヘテロダイン検波して得られる電気信号の位相がそれぞれ略等しくなるように設定すると、光検波回路35により検波された電気信号は、雑音量は電力和、即ち電力加算になるが、信号成分については電圧の和、即ち電圧加算になる。それぞれの出力の位相が一致するように設定するために、例えば、光ファイバなどの伝送路長を調整したり、あるいは位相調整器を用いたりすることができる。

[0104] このことから、N個の差動光周波数変調合波回路を用いた光信号送信機を使用すると、信号電力は、 $20\log(N)$ になるが、雑音電力は $10\log(N)$ となるため、合波回路の出力における信号対雑音電力は $10\log(N)$  [dB]だけ改善されることが分かる。

- [0105] ひずみについては、 $2N$ 個の光周波数変調部のひずみ特性が異なり、逆向きのひずみ特性を有していれば、合波により、逆向きのひずみ分だけ、互いに相殺されるので、低ひずみ化を可能とする。
- [0106] 図1において、光送信機80に替えて、図14に示す光信号送信機10を光信号伝送システムに適用すると、光信号受信機の最小受光電力を小さくすることができ、伝送距離の長大化や、光信号送信機と光信号受信機との間での光分岐の分岐比の拡大が可能になる。さらに、光信号送信機で低ひずみ特性を得ることができれば、映像信号の受信品質を向上させることが可能になる。
- [0107] 本実施の形態では、光信号送信機に入力する信号の例として図2Aの信号を用いたが、このような信号形式に限定されるものではない。
- [0108] また、本発明の光送信機及び光伝送システムは、光伝送路の網形態がシングルスター(SS:Single Star)形式のトポロジである場合のみならず、パッシブダブルスター(PDS:Passive Double Star)形式のトポロジである場合にも適用することができる。

## 請求の範囲

- [1] 周波数分割多重されている振幅変調された電気信号を周波数変調して光伝送する光信号送信機において、  
該電気信号を複数個に分配して出力する分配回路と、  
該分配回路の出力の各々を周波数変調して出力する複数の周波数変調手段であって、各々の周波数偏移量および中間周波数が略等しく、各々の出力の位相が略一致する複数の周波数変調手段と、  
該複数の周波数変調手段の出力を合波して出力する合波手段と、  
該合波手段の出力により強度変調した光信号を光伝送路に出力する送信回路とを備えたことを特徴とする光信号送信機。
- [2] 前記分配回路は、電気信号をN個(Nは2以上の整数)に分配して出力し、  
前記複数の周波数変調手段は、該分配回路のそれぞれの出力を周波数変調して出力するN個のFM一括変換回路であって、  
前記合波手段は、該N個のFM一括変換回路の出力を合波して出力する合波回路であって、  
前記N個のFM一括変換回路の周波数偏移量及び中間周波数が略等しく、かつ、  
前記N個のFM一括変換回路のそれぞれの出力の位相が略一致するように設定されていることを特徴とするクレーム1に記載の光信号送信機。
- [3] 前記FM一括変換回路は、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を変調入力とし周波数変調された周波数変調光信号を出力する光周波数変調部と、  
該光周波数変調部の出力する周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の局部発振光信号を出力する光周波数局部発振部と、  
該周波数変調光信号及び該局部発振光信号を合波し合波光信号を出力する光合波器と、  
該光合波器からの合波光信号をヘテロダイン検波して該周波数変調光信号の光周波数と該局部発振光信号との光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波器と

を備えることを特徴とするクレーム2に記載の光信号送信機。

- [4] 前記FM一括変換回路は、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した2つの電気信号に分配する差動分配器と、

該差動分配器からの2つの電気信号のうちの一方向の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、

該第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号であって、かつ該差動分配器からの2つの電気信号のうち他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、

該第一の周波数変調光信号及び該第二の周波数変調光信号を合波して合波光信号を出力する光合波器と、

該光合波器からの合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波器と

を備えることを特徴とするクレーム2に記載の光信号送信機。

- [5] 前記FM一括変換回路は、それぞれが、中間周波数を中心周波数として前記分配回路からの電気信号をその電圧に応じた周波数に変換して出力する電圧制御発振器を備えることを特徴とするクレーム2に記載の光信号送信機。

- [6] 前記FM一括変換回路は、それぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した2つの電気信号に分配する差動分配器と、

該差動分配器からの2つの電気信号のうちの一方向の電気信号をその電圧に応じた周波数に変換した第一の周波数変調信号を出力する第一の電圧制御発振器と、

該第一の周波数変調信号の中心周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた周波数を中心周波数として、該差動分配器からの2つの電気信号のうち他方の電気信号をその電圧に応じた周波数に変換した第二の周波数変調信号を出力する第二の電圧制御発振器と、

該第一の電圧制御発振器の出力する第一の周波数変調信号及び該第二の電圧制御発振器の出力する第二の周波数変調信号を混合するミキサーと、

該ミキサの出力から該第一の周波数変調信号と該第二の周波数変調信号の周波数の差に等しい周波数の電気信号を通過させるローパスフィルタと

を備えることを特徴とするクレーム2に記載の光信号送信機。

- [7] 前記分配回路は、電気信号を2個( $N=2$ )に分配して出力し、  
前記周波数変調手段は、

該分配回路からの2つの電気信号のうちの一方向の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、

該第一の光周波数変調部の出力する第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第一の局部発振光信号を出力する第一の光周波数局部発振部と、

該第一の周波数変調光信号と該第一の局部発振光信号とを偏波方向を同一にして合波し第一の合波光信号を出力する第一の光合波器と、

該分配回路からの2つの電気信号うち他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、

該第二の光周波数変調部の出力する第二の周波数変調光信号の中心光周波数から前記中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の局部発振光信号を出力する第二の光周波数局部発振部と、

該第二の周波数変調光信号と該第二の局部発振光信号とを偏波方向を同一にして合波し第二の合波光信号を出力する第二の光合波器と

を含み、

前記合波手段は、該第一の光合波器から出力される第一の合波光信号と該第二の光合波器から出力される第二の合波光信号とをそれぞれの偏波方向を直交させて合波して第三の合波光信号を出力する第三の光合波器であって、

該第三の光合波器から出力される第三の合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第一の局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号と、該第二の周波数変調光信号の光周波数と該第二の局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号とを出力する光検波器と、

該光検波器の出力により強度変調した光信号を光伝送路に出力する送信回路とをさらに備え、

該第一の光周波数変調部と該第二の光周波数変調部との周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波器における該第一の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と、第二の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とが略一致するように設定されていることを特徴とするクレーム1に記載の光信号送信機。

- [8] 前記分配回路は、電気信号を2個( $N=2$ )に分配して出力し、  
前記周波数変調手段は、

該分配回路からの2つの電気信号のうちの一方向の電気信号をそれぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した2つの電気信号に分配する第一の差動分配器と、

該第一の差動分配器の一方向の出力を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号を出力する第一の光周波数変調部と、

該第一の差動分配器の他方の出力を変調入力とし該第一の光周波数変調部の出力する第一の周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号を出力する第二の光周波数変調部と、

該第一の周波数変調光信号と該第二の周波数変調光信号とを偏波方向を同一にして合波し第一の合波光信号を出力する第一の光合波器と、

前記分配回路の他方の出力をそれぞれが、前記分配回路からの電気信号を位相が反転した2つの電気信号に分配する第二の差動分配器と、

該第二の差動分配器の一方向の出力を変調入力とし周波数変調された第三の周波数変調光信号を出力する第三の光周波数変調部と、

該第二の差動分配器からの2つの電気信号のうち他方の電気信号を変調入力とし該第三の光周波数変調部の出力する第三の周波数変調光信号の中心光周波数から前記中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第四の周波数変調光信号を出力する第四の光周波数変調部と、

該第三の周波数変調光信号と該第四の周波数変調光信号とを偏波方向を同一にして合波し第二の合波光信号を出力する第二の光合波器と

を含み、

前記合波手段は、該第一の光合波器から出力される第一の合波光信号と該第二の光合波器から出力される第二の合波光信号とをそれぞれの偏波方向を直交させて合波して第三の合波光信号を出力する第三の光合波器であって、

該第三の光合波器から出力される第三の合波光信号をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号と、該第三の周波数変調光信号の光周波数と該第四の周波数変調光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号とを出力する光検波器と、

該光検波器の出力により強度変調した光信号を光伝送路に出力する送信回路とをさらに備え、

該第一の光周波数変調部と該第二の光周波数変調部と該第三の光周波数変調部と該第四の光周波数変調部とにおける周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波器における該第一の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相と第二の合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる電気信号の位相とが略一致するように設定されていることを特徴とするクレーム1に記載の光信号送信機。

[9] 前記分配回路は、電気信号をN個(Nは2以上の整数)に分配して出力し、

前記周波数変調手段は、該分配回路のそれぞれの出力を変調入力とし周波数変調された周波数変調光信号、及び該周波数変調光信号の中心光周波数から中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の局部発振光信号を合波して出力するN個の光周波数変調合波回路を含み、

前記合波手段は、該N個の光周波数変調合波回路の出力を合波して出力する光合波回路であって、

該光合波回路の出力をヘテロダイン検波して該周波数変調光信号の光周波数と該局部発振光信号の光周波数との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波

回路と、

該光検波回路の出力により強度変調した光信号を光伝送路に出力する送信回路と

をさらに備え、

該N個の光周波数変調合波回路の周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波回路における該N個の光周波数変調合波回路からの合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる、重畳されたN個の電気信号のそれぞれの中間周波数および位相が略一致するように設定されていることを特徴とするクレーム1に記載の光信号送信機。

[10] 前記分配回路は、電気信号をN個(Nは2以上の整数)に分配して出力し、

前記周波数変調手段は、該分配回路のそれぞれの出力を位相が反転した2つの電気信号に分配し、該分配回路からの2つの電気信号のうち一方の電気信号を変調入力とし周波数変調された第一の周波数変調光信号、及び該分配回路からの2つの電気信号のうち他方の電気信号を変調入力とし周波数変調された、該第一の周波数変調光信号の中心光周波数と中間周波数に略等しい周波数だけ離れた光周波数の第二の周波数変調光信号を合波して出力するN個の差動光周波数変調合波回路を含み、

前記合波手段は、該N個の差動光周波数変調合波回路の出力を合波して出力する光合波回路であって、

該光合波回路の出力をヘテロダイン検波して該第一の周波数変調光信号の光周波数と該第二の周波数変調光信号との差に等しい周波数の電気信号を出力する光検波回路と、

該光検波回路の出力により強度変調した光信号を光伝送路に出力する送信回路と

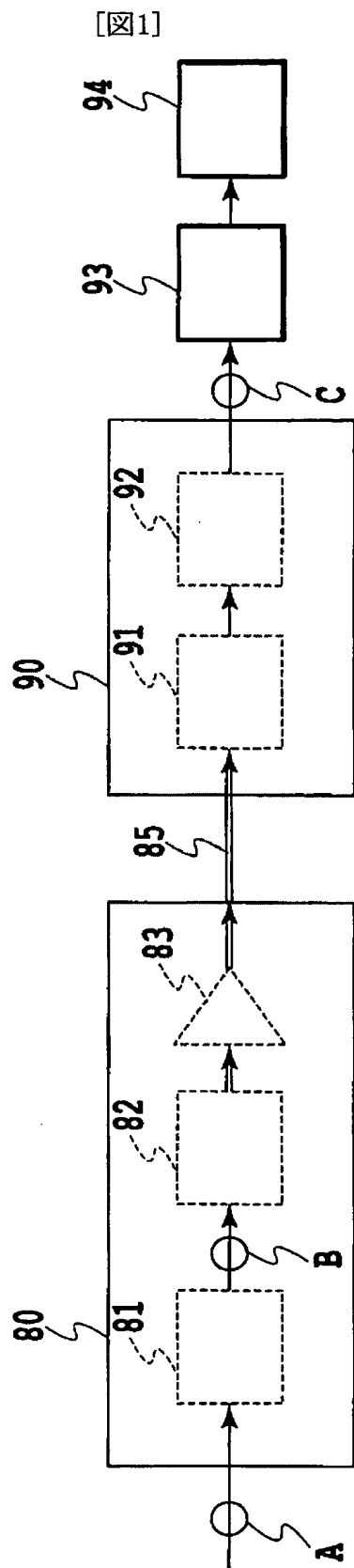
をさらに備え、

該N個の差動光周波数変調合波回路の周波数偏移量が略等しく、かつ、該光検波回路における該N個の差動光周波数変調合波回路からの合波光信号をヘテロダイン検波することにより得られる、重畳されたN個の電気信号のそれぞれの中間周波

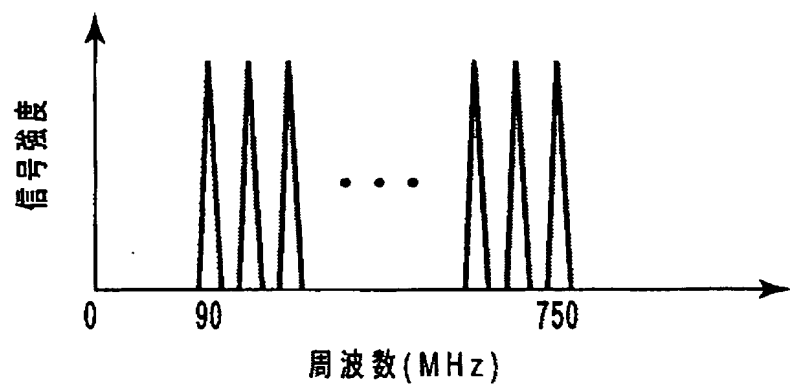


数および位相が略一致するように設定されていることを特徴とするクレーム1に記載の光信号送信機。

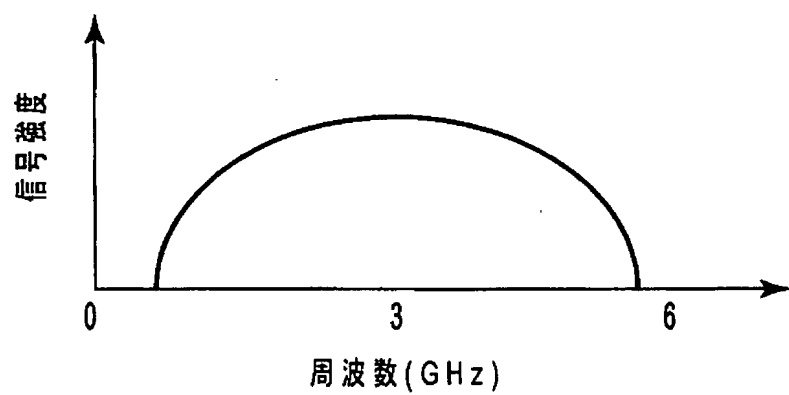
- [11] クレーム1から10のいずれかに記載の光信号送信機と、  
該光信号送信機に光伝送路を介して接続される光電変換手段と、光電変換手段の出力を周波数復調する周波数復調手段を具備する光信号受信機とを備えたことを特徴とする光信号伝送システム。



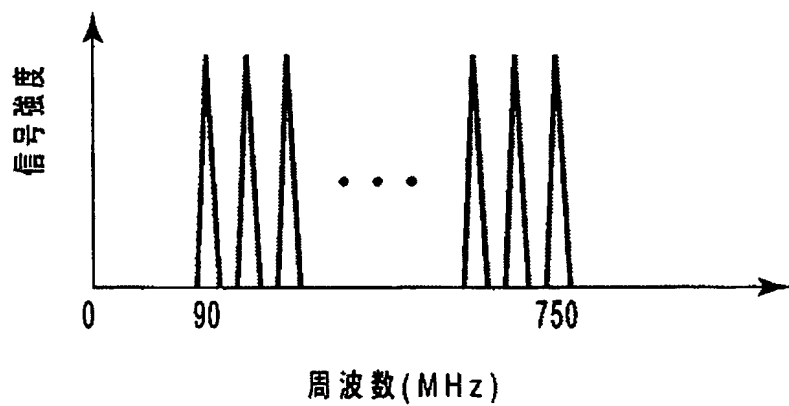
[図2A]



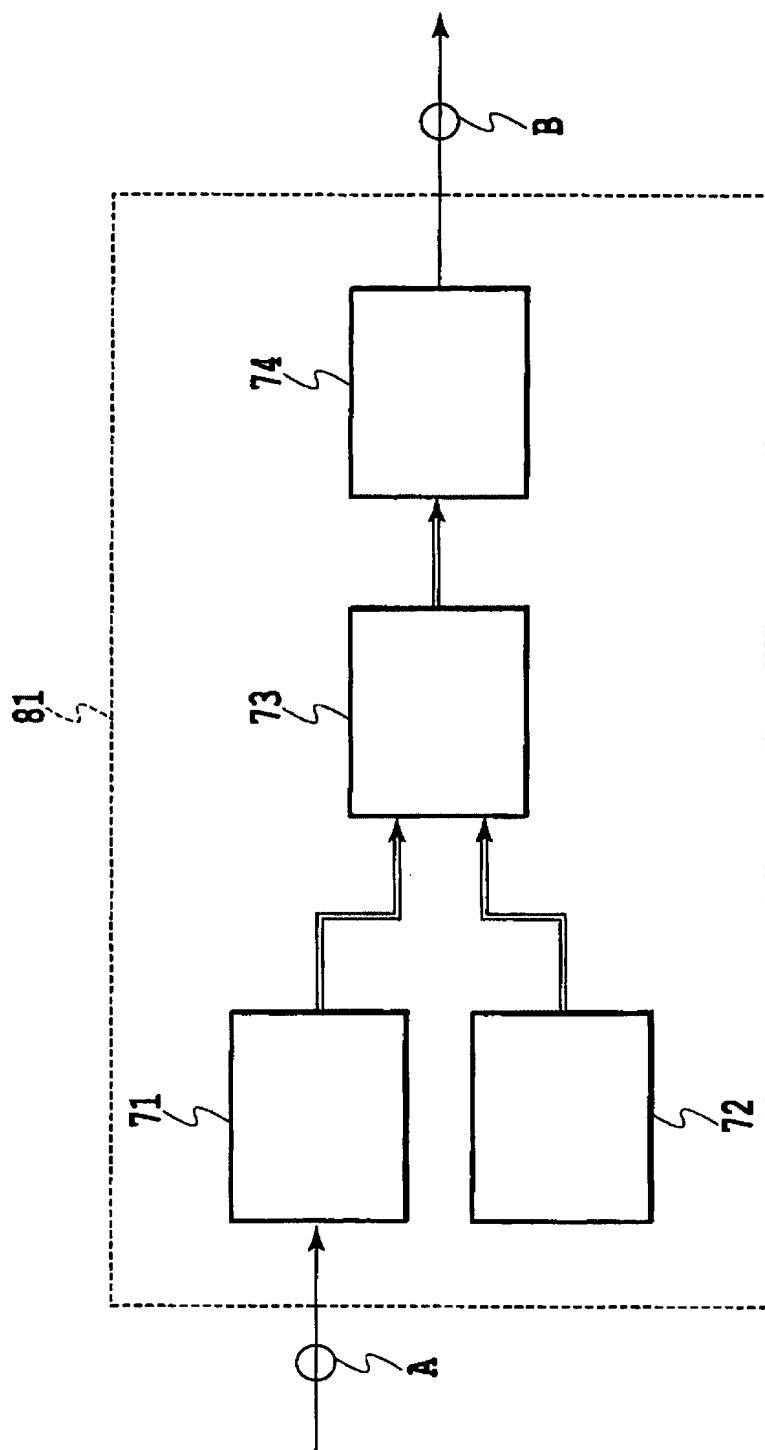
[図2B]



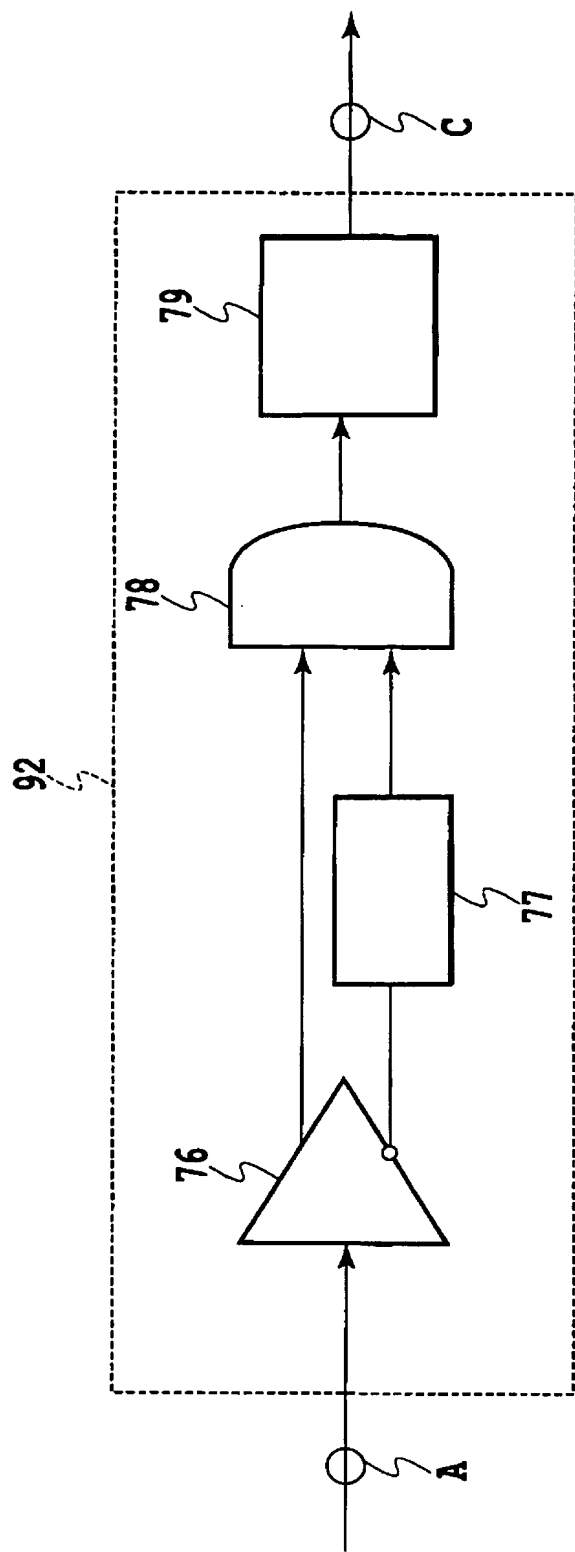
[図2C]



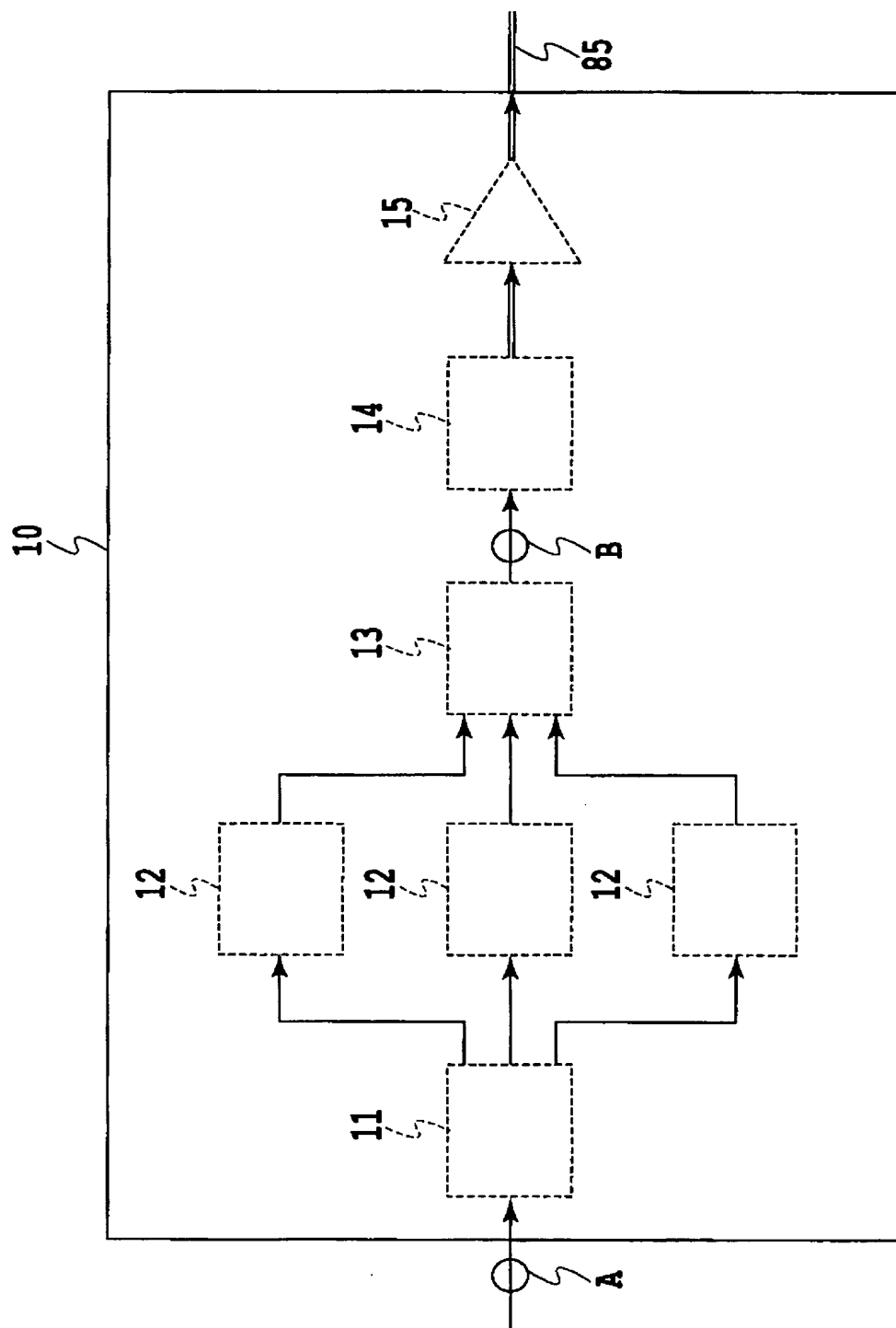
[図3]



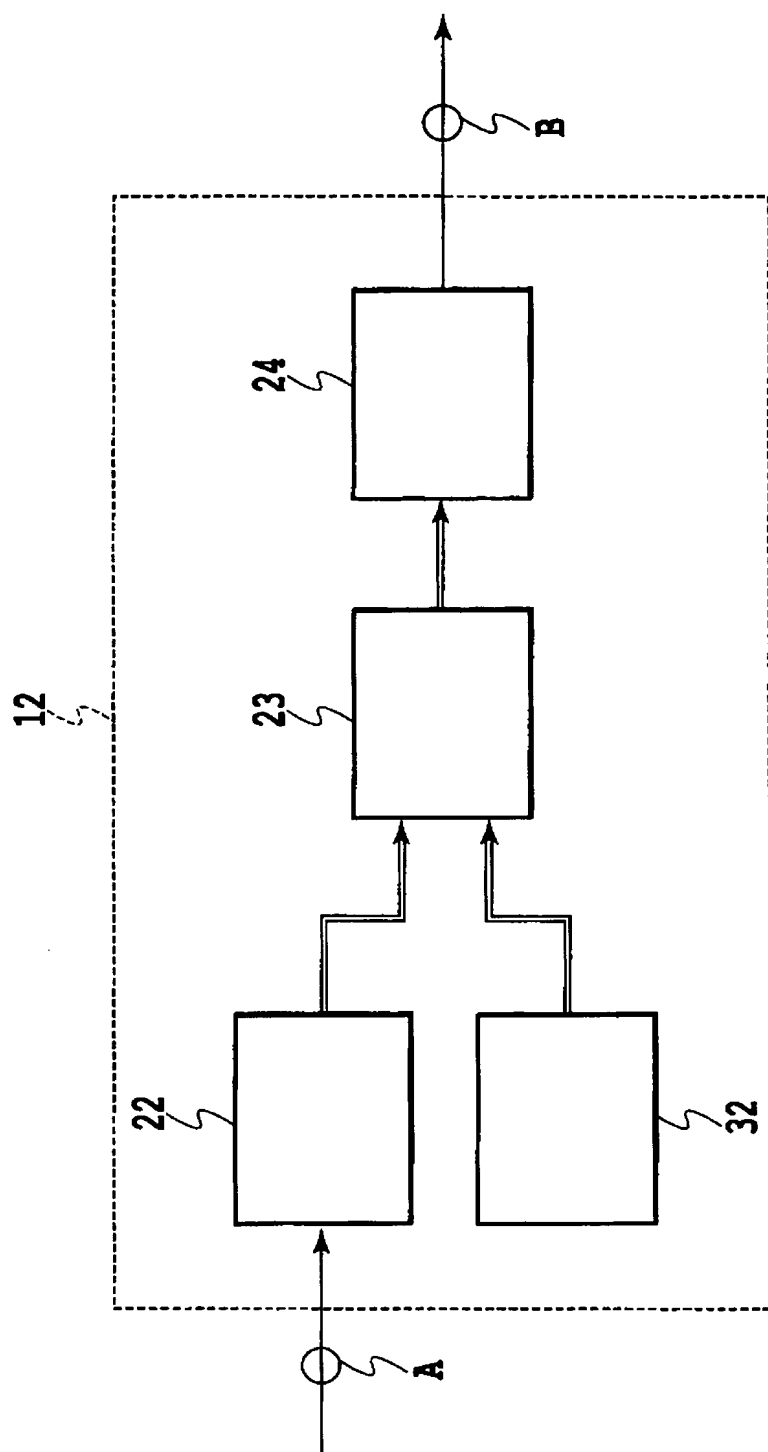
[図4]



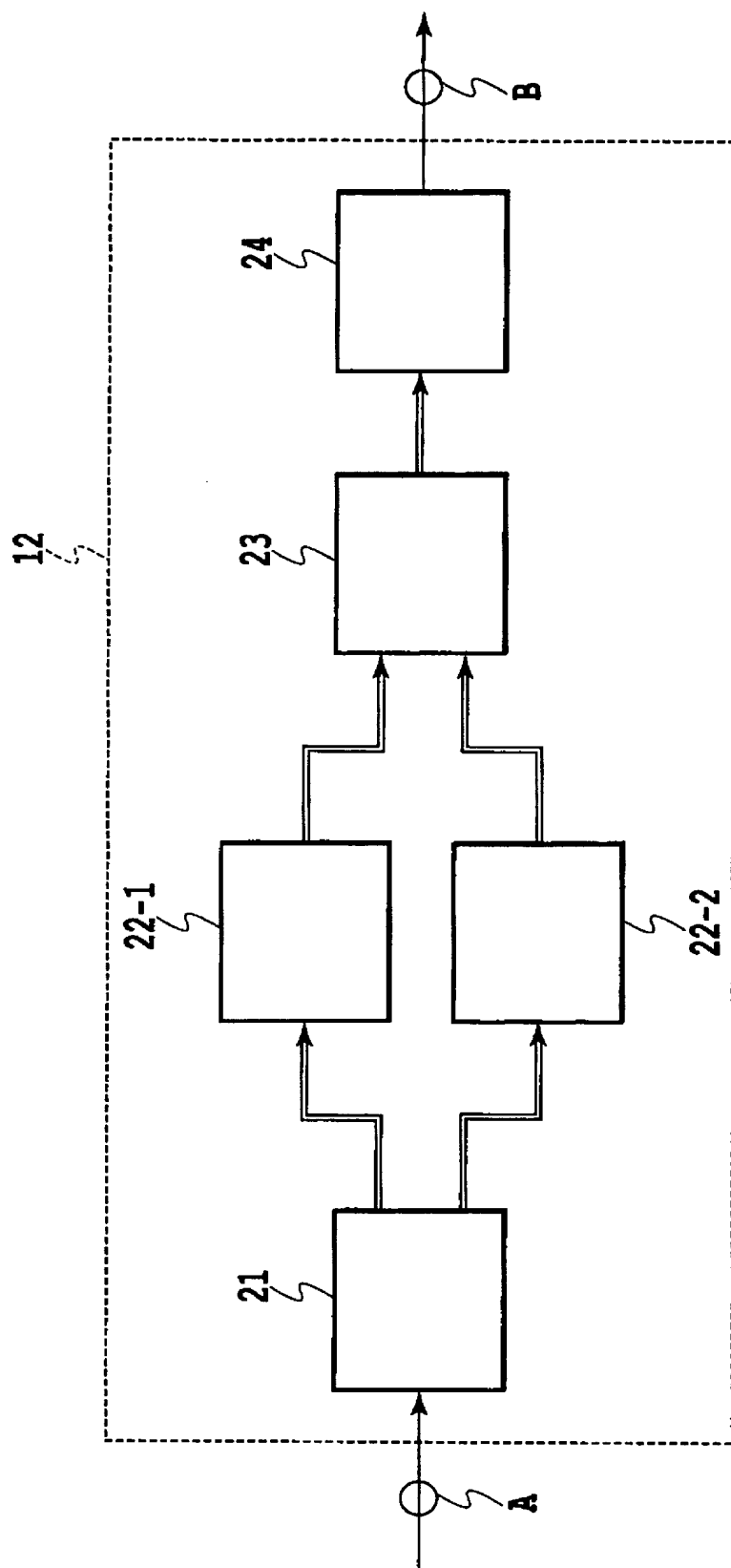
[図5]



[図6]

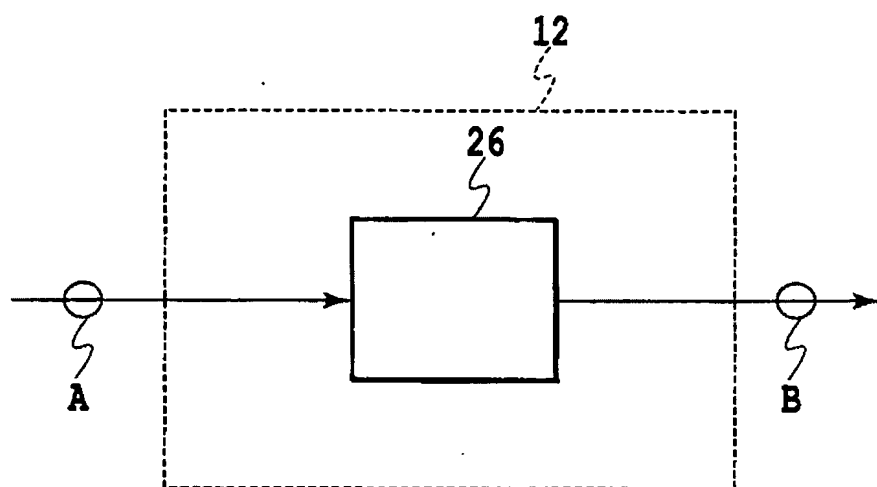


[図7]

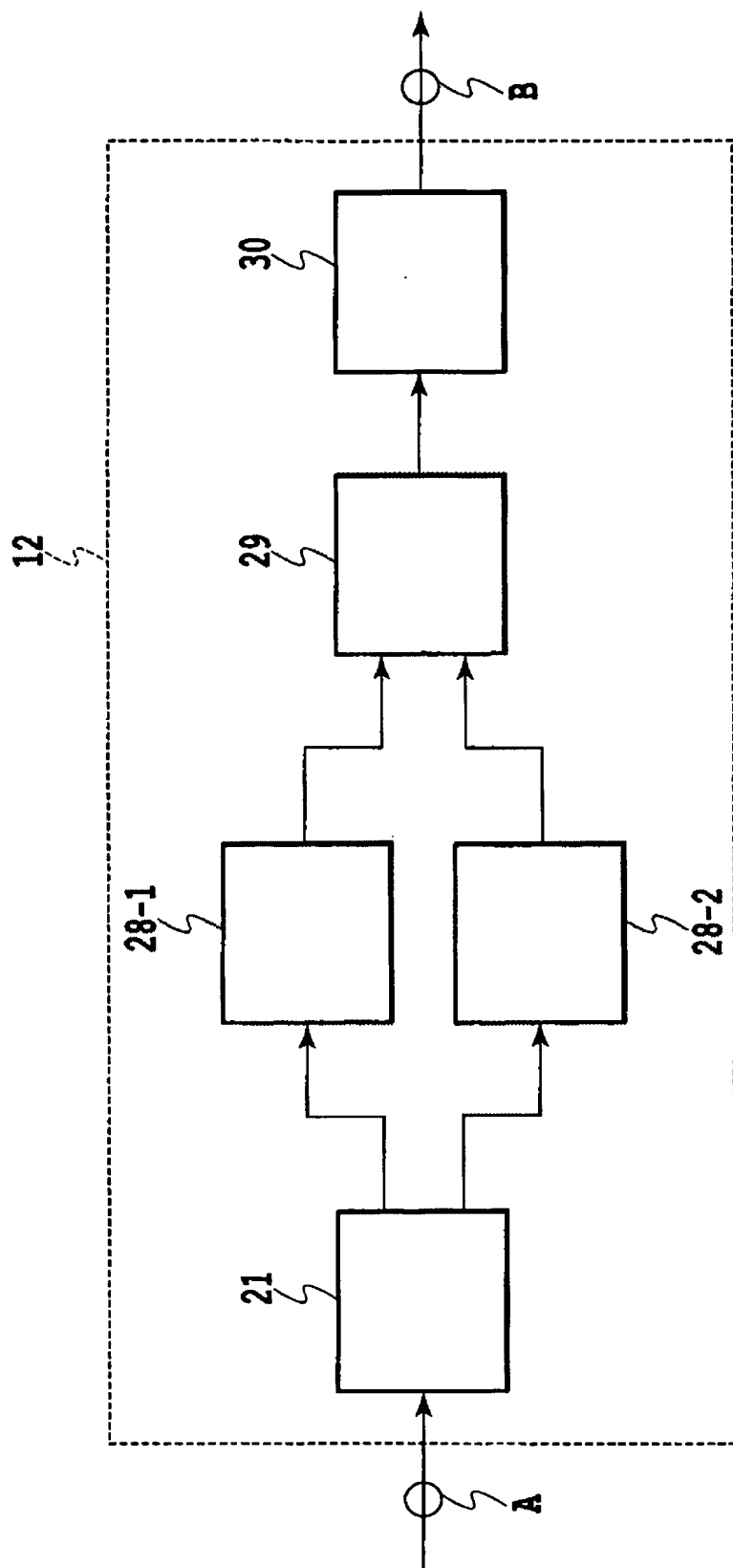




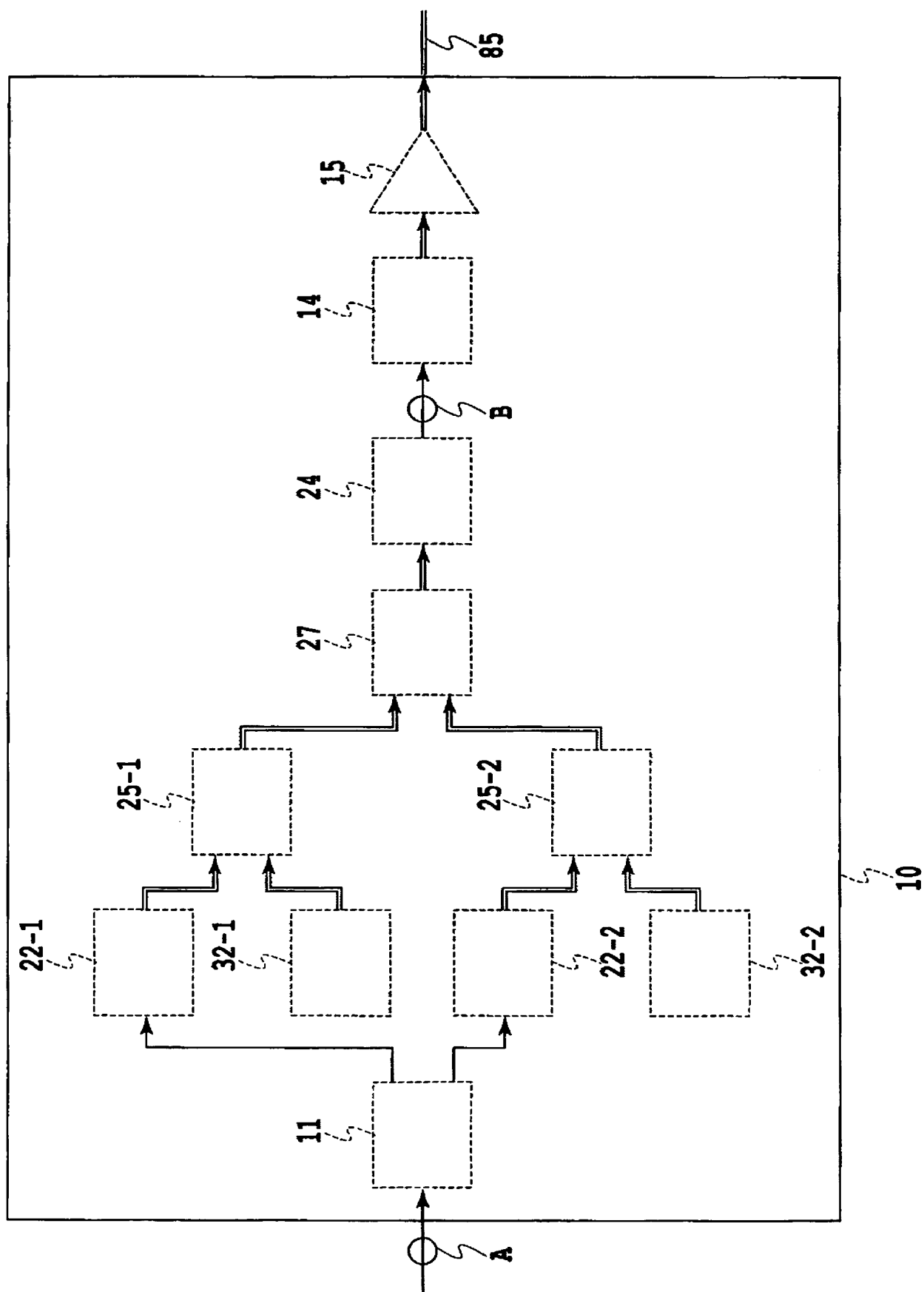
[図8]



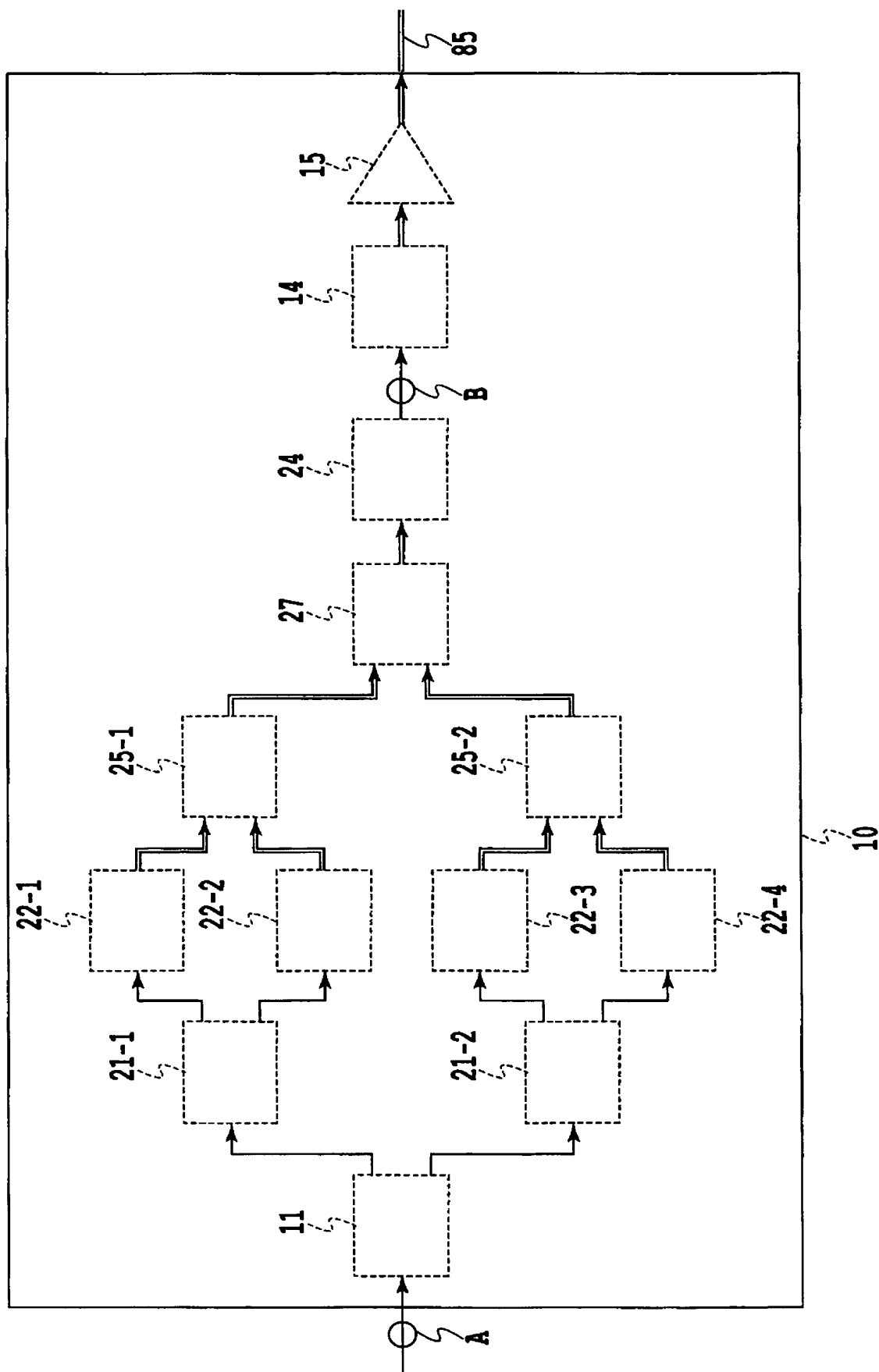
[図9]



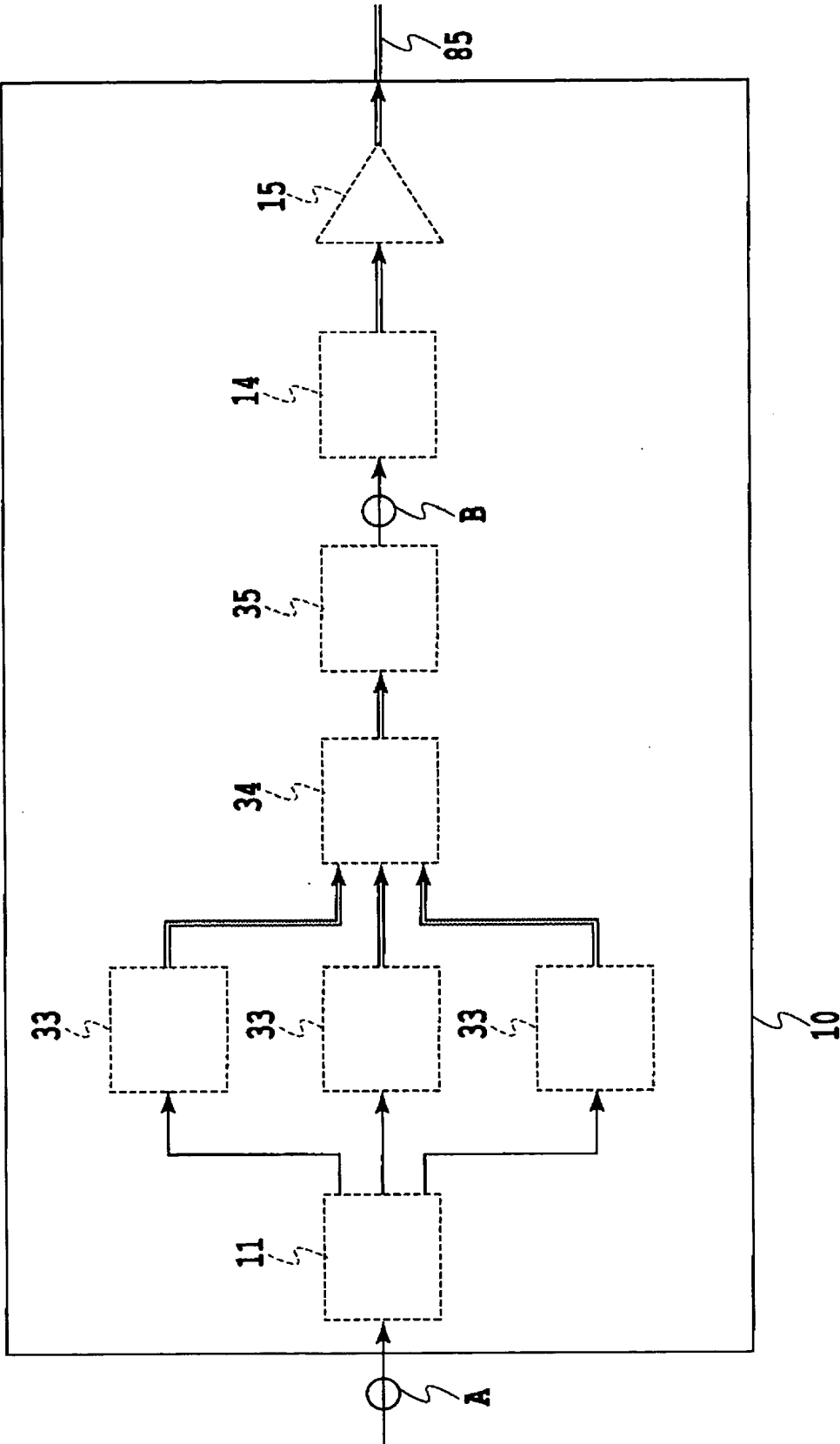
[図10]



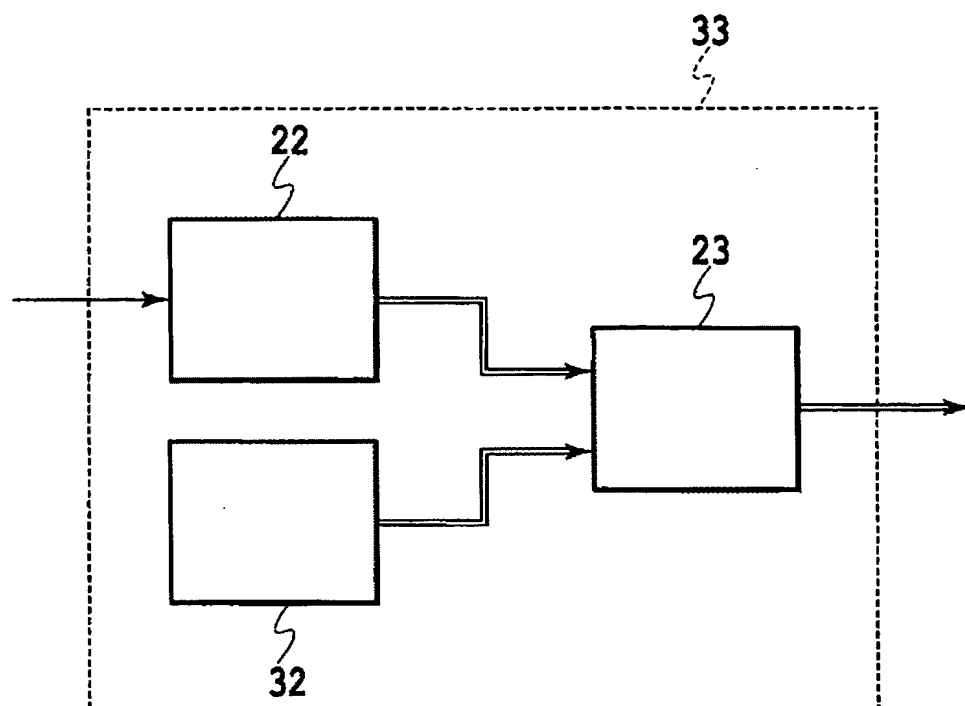
[図11]



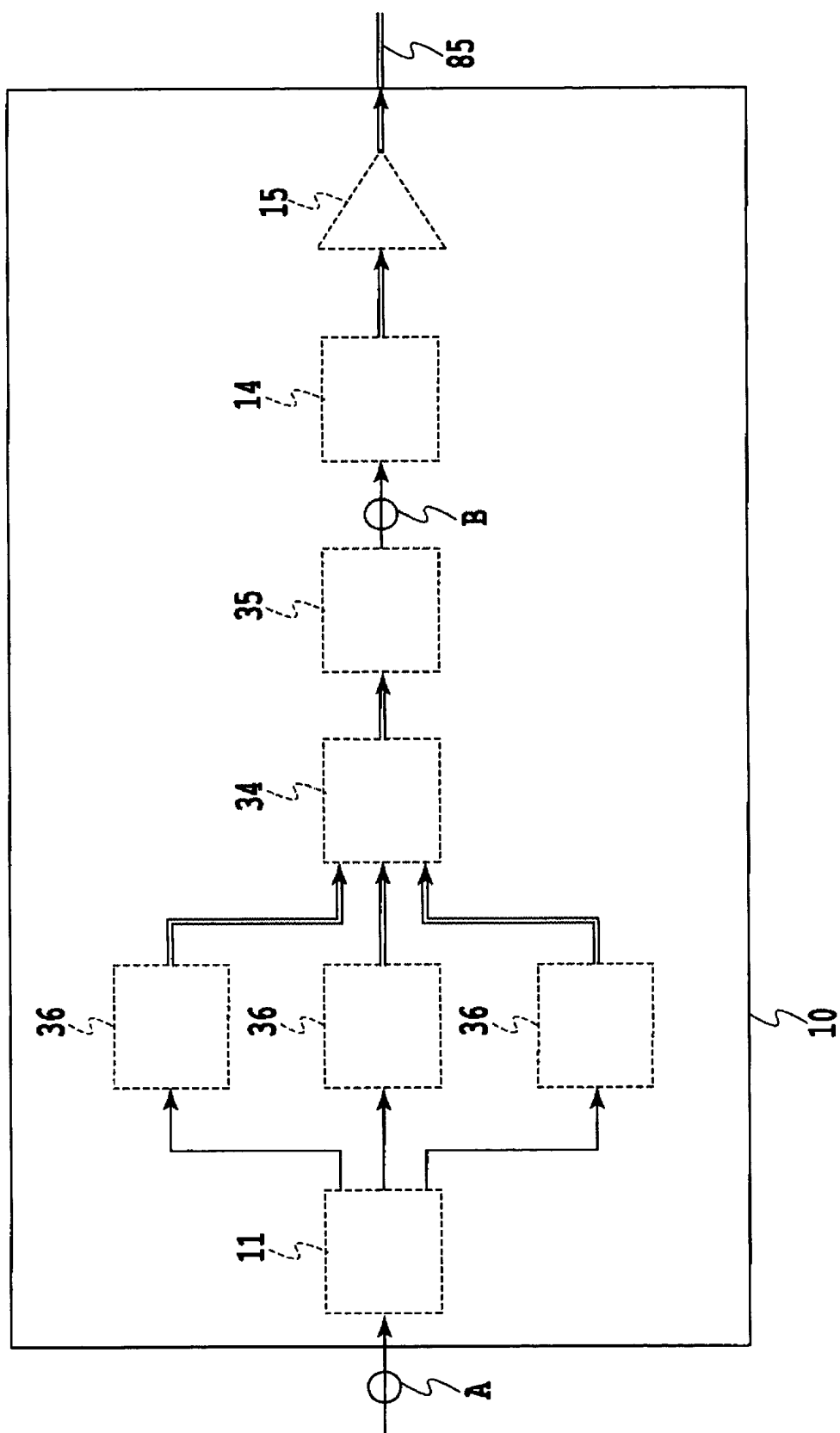
[図12]



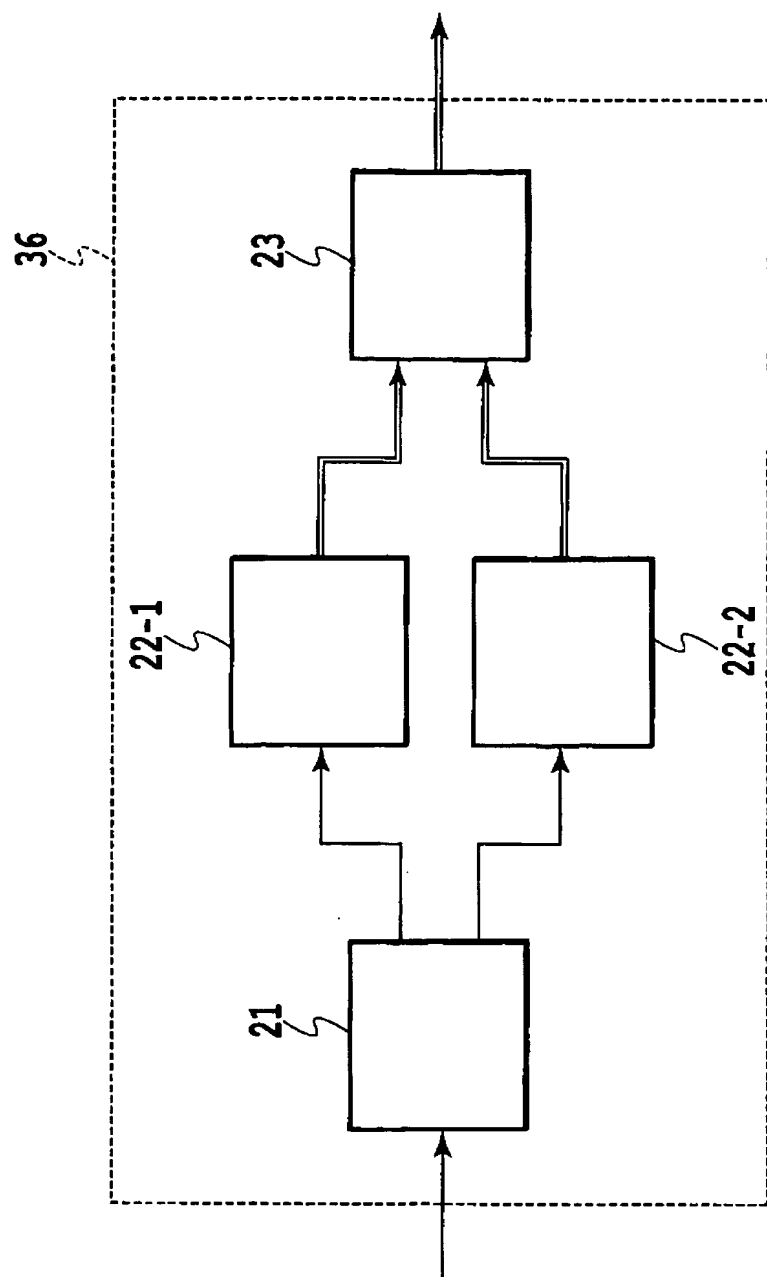
[図13]



[図14]



[図15]





## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H04B10/04

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> H04B 10/00 - 10/28Int. Cl<sup>7</sup> H04J 14/00 - 14/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年

日本国公開実用新案公報 1971-2004年

日本国登録実用新案公報 1994-2004年

日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

IEEE Explore

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y	JP 10-13353 A (松下電器産業株式会社) 1998. 1. 16, 全文全図、(ファミリーなし)	1-3, 9, 11 4-6, 10
Y	小林雅彦 他, “差動FM変調光を用いたFM一括変換型光映像伝 送用光送信器”, 電子情報通信学会講演論文集, Vol. 1998, サレティB2, 1998. 9. 29, 448頁	4, 10
Y	JP 2001-119097 A (日本電信電話株式会社) 2001. 4. 27, 全文全図、(ファミリーなし)	5, 6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05. 10. 2004

国際調査報告の発送日

26.10.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

前田 典之

5 J

9073

電話番号 03-3581-1101 内線 3535